



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di FOGGIA



Progetto Uno

Progetto Uno s.r.l. via Napoli, 116 - cap. 95127 Catania (CT)  
amm.: Oliver Lutz - cod. fisc. 0585151074 Tel.:3386386396

## PROGETTO DEFINITIVO

### Progetto per la realizzazione di un impianto eolico denominato "Wind 1" della potenza nominale di 54,4 MW nel Comune di Foggia loc. Cantone

Decreto Legislativo 29 dicembre 2003 n° 387- Attuazione della direttiva 2001/77/CE  
Promozione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità'

<b>ELABORATO</b>		<b>RELAZIONE CAMPI ELETTRICI</b>				
<b>FORMATO</b>	<b>SCALA</b>	<b>CODICE DOCUMENTO</b>			<b>NOME FILE</b>	
<b>A4</b>	<b>-</b>	<i>SOC.</i>	<i>DISC.</i>	<i>TIPO DOC.</i>	<i>PROG.</i>	<i>REV.</i>
		<b>PRO</b>	<b>ELE</b>	<b>REL</b>		<b>029A</b>
<b>PRO-ELE-REL-029A</b>						

Coordinamento e Progettazione	 <p><b>Studio Tecnico Associato</b> ing. Giovanni Bruno - arch. G.Farinola Viale Europa, 62/a Foggia (FG) Tel. 0881373998 - 3356013949 E-mail: ingbruno@fiscali.it</p>	Studio Archeologico	 <p><b>ARCHEO</b> SERVIZI <b>Dott. Antonio Mesisca</b> Via Aldo Moro B/5 82021 Apice (BN) Tel. 3271616306 E-mail: mesisca.antonio@virgilio.it</p>		
Studio Geologico e consulenza ambientale	<p><b>Geol. Francesco Ferrante</b> Studio di Geologia Tecnica e Ambientale Via Attilio Benvenuto, 76 - Foggia (FG) Tel. 0881742216 - 3385654577 E-mail: ferrantegeo@gmail.com</p>	Studio Agronomico e Naturalistico	<p><b>Dott. Antonio Totaro</b> Viale L. Da Vinci, 1 Manfredonia (FG) Tel. 3486403829 E-mail: atotaro033@gmail.com</p>		
Studio Paesaggistico	<p><b>Arch. Giuseppe Farinola</b> Viale Europa, 62/a Foggia (FG) Tel. 0881373998 - 3387535391 E-mail: agfarinola@virgilio.it</p>	Studio Elettrico	 <p><b>Sciacca &amp; Partners S.r.l. Unip.</b> C.so Vittorio Emanuele III, 51 96015 Francofonte (SR) CF e P.IVA: 01871700892 E-mail: noi@sciaccapartners.it</p>		
Rilievo Topografico	 <p><b>Studio Tecnico</b> <b>Dott. Agr. Rocco Iacullo</b> Via Padre Antonio da Olivadi, 89 - Foggia Tel. 0881665592 - 3930051965 E-mail: studioiacullo@gmail.com</p>	Studio Acustico	<p><b>Ing. Michele Russo</b> Via Mascagni, 1 - Margherita di Savoia (BT) Tel. 3495343724 E-mail: russomicheleing@gmail.com</p>		
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Oggetto della revisione</b>	<b>Elaborazione</b>	<b>Verifica</b>	<b>Approvazione</b>
<b>00</b>	<b>01/12/2022</b>	<b>Prima emissione</b>	<b>GT</b>	<b>DS</b>	<b>DS</b>

## Indice

Premessa .....	2
Norme e documentazione di riferimento .....	2
1 Inquadramento normativo.....	3
2 Fonti di emissione.....	5
3 Campo elettrico.....	8
4 Campo magnetico .....	10
5 Conclusioni.....	13

## Premessa

L'impianto denominato "Cantone" è un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile di tipo eolico localizzato nel Comune di Foggia e Lucera in provincia di Foggia Regione Puglia in località "Posta Cantone" (Latitudine 41.554573°, Longitudine 15.559270°).

Con riferimento agli elaborati grafici "**PD-T01A: Impianto eolico ed opere di connessione – Corografia su IGM**" e "**PD-T03A: Impianto eolico ed opere di connessione – Planimetria su CTR**" le opere sono collocate nel foglio 408 "Foggia" della Cartografia IGM 1:50.000, nei fogli 408032, 408061, 408062, 408064, 408071, 408072, 408073, 408073, 408073, 408074, e 408033 della Cartografia Tecnica Regionale della Puglia.

Con riferimento agli elaborati grafici "**PD-T04A: Impianto eolico ed opere connesse - Planimetria su catastale**" - Le opere sono inquadrare nel NCT ai fogli 10, 3, 26, 24, 25, 38, 39, 40, 22, 41, 21 del Comune di Foggia (FG) e 50, 39, 38 e 37 del Comune di Lucera (FG). Essi interessano terreni privati, strade pubbliche ed enti urbani.

L'impianto è costituito da 8 aerogeneratori da 6,8 MW per una potenza complessiva di 54,4 MW.

La soluzione di connessione elaborata da Terna Rete Italia S.p.A. nel preventivo avente codice identificativo 202101964 prot. GRUPPO TERNA/P20220030059-07/04/2022 prevede il collegamento in antenna a 36 kV su una nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione a 380/150/36 kV della RTN da inserire in entra-esce sulla linea 380 kV "Foggia – San Severo" denominata "Lucera".

Tale stazione è ad oggi autorizzata per la sezione 380/150 kV.

Il vettoriamento dell'energia elettrica dagli aerogeneratori alla rete di distribuzione avverrà mediante:

1. rete di cavidotti interni in AT a 36 kV
2. cabina di utenza in AT a 36 kV;
3. cavidotto di utenza in AT a 36 kV;
4. stazione di trasformazione 380/150/36 kV RTN .

Le opere dai punti 1 a 3 saranno di utenza e pertanto saranno possedute e gestite dalla società *Progetto Uno S.r.l.* titolare dell'impianto, mentre l'opera 4 sarà parte integrante della rete di trasmissione nazionale e pertanto posseduta e gestita da *Terna Rete Italia S.p.A.*

Oggetto della presente relazione è lo studio dei campi elettromagnetici generati dalle opere elencate dai punti 1 a 3. Per la stazione 380/150/36 kV si rimanda al relativo Piano Tecnico delle Opere.

## Norme e documentazione di riferimento

La presente specifica tecnica facente parte del progetto esecutivo è stata redatta in ottemperanza alle norme di riferimento vigenti di cui si dà un elenco orientativo e non esaustivo.

### Leggi, Decreti e Regolamenti

- D.P.C.M 08/07/2003 e ss.mm.ii.- Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti
- D.M. 29/05/2008 e ss.mm.ii.- Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica.

### Normativa tecnica

- CEI 0-2 : Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici
- CEI 211-4 Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche;

- CEI 106-11 - Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo;
- E-Distribuzione - Linee Guida per l'applicazione del DM 29.05.08 - Distanza di Prima Approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche;
- CEI 103-6 Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto;
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;

## 1 Inquadramento normativo

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP.

Il 12-7-99 il Consiglio dell'Unione Europea ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, che si basa sui migliori dati scientifici esistenti; a tale proposito, il Consiglio ha avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP. Successivamente nel 2001, a seguito di un'ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato alla CE di continuare ad adottare tali linee guida.

Successivamente è intervenuta, con finalità di riordino e miglioramento della normativa allora vigente in materia, la Legge 36/2001, che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinare e di aggiornare periodicamente i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, in relazione agli impianti suscettibili di provocare inquinamento elettromagnetico. L'art. 3 della Legge 36/2001 ha definito limite di esposizione il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti; ha definito il valore di attenzione, come quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine; ha definito, infine, l'obiettivo di qualità come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Tale legge quadro italiana (36/2001), come ricordato sempre dal citato Comitato, è stata emanata nonostante che le raccomandazioni del Consiglio della Comunità Europea del 12-7-99 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP; tutti i paesi dell'Unione Europea, hanno accettato il parere del Consiglio della CE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

In esecuzione della predetta Legge, è stato infatti emanato il D.P.C.M. 8.7.2003, che ha fissato il limite di esposizione in 100 microtesla per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico; ha stabilito il valore di attenzione di 10 microtesla, a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere; ha fissato, quale obiettivo di qualità da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, il valore di 3 microtesla.

È stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio. Non si deve dunque fare riferimento al valore massimo di corrente eventualmente sopportabile da parte della linea.

Si segnala come i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti dal Legislatore italiano siano rispettivamente 10 e 33 volte più bassi di quelli internazionali.

Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata – nell'intero territorio nazionale – esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 8.7.2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento.

Il Decreto 29/05/2008 del MATTM definisce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto degli elettrodotti introducendo il concetto di Distanza di Prima Approssimazione (Fig. 1).

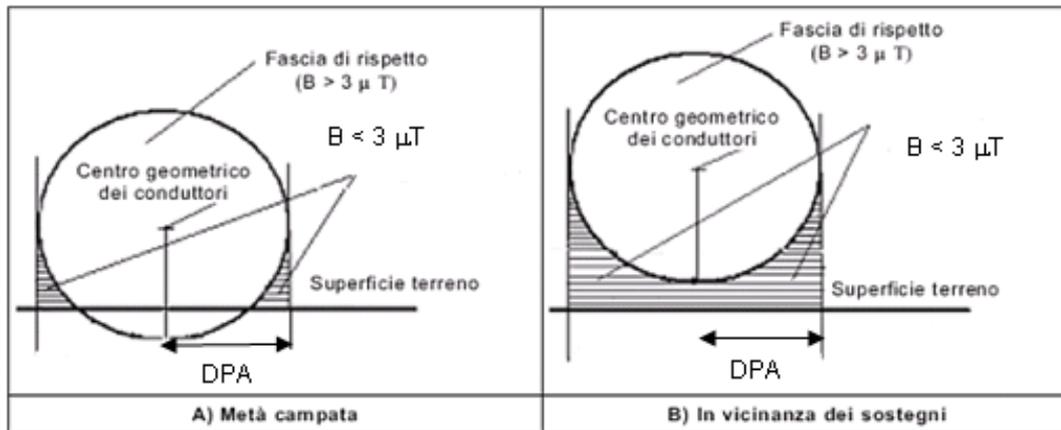


Fig. 2.1: D.P.A

## 2 Fonti di emissione

Le fonti di emissione elettromagnetiche sono:

- 1 gli aerogeneratori;
- 2 la rete interna di cavidotti AT;
- 3 la cabina di utenza;
- 4 il cavidotto esterno di utenza AT

### a) Aerogeneratori

Gli aerogeneratori sono di marca Vestas modello V172-6.8 HH 114 di cui si riportano le principali caratteristiche in tab. 2.1.

Tab. 2.1.: Specifiche tecniche dell'aerogeneratore

Generatore	Tipo generatore	Sincrono a magneti permanenti
	Potenza nominale	6,8 MW
	Tensione nominale statore	0,8 kV
	Frequenza	0 ÷ 126
	Numero di poli	36
Convertitore	Tipo convertitore	Full scale
	Potenza apparente	7.750 kVA
	Tensione lato rete	0,72 kV
	Tensione lato generatore	0,8 kV
	Corrente nominale	6.488 A
Trasformatore	Potenza nominale	8,4 MVA
	Tensione nominale primario	0,72 kV
	Tensione nominale secondario	36 kV ± 2 x 2,5%
	Impedenza di cortocircuito %	9,9%
	Gruppo vettoriale	Dyn11
Rotore	Diametro	172 m
	Velocità cut in	3 m/s
	Velocità cut out	25 m/s
Sostegno	Altezza	114 m

L'energia elettrica sarà trasportata dal trasformatore alla base torre mediante cavo tripolare isolato in gomma con tre conduttori di terra 3x70+3x70/3 con tensione massima pari a 42 kV, aventi sezione pari a 70 mm<sup>2</sup>, diametro esterno del cavo di 68 mm.

Per maggiori approfondimenti si rimanda all'elaborato "R06A: Impianto eolico ed opere connesse: disciplinare tecnico-descrittivo".

### b) Rete interna AT

La rete interna di cavidotti AT trasporta l'energia dagli aerogeneratori alla cabina di smistamento/utenza (CU). Essa è di tipo radiale ed è costituita da 3 linee esercite con neutro isolato a 36 kV

- A: A7 – A6;
- B: A5 – A4 – A3;
- C: A2 – A1 – A8.

Ciascuna tronco di linea sarà costituito da una terna di cavi unipolari ARE4H5EE aventi conduttore in corda rotonda di alluminio, isolante in polietilene reticolato, doppia guaina in polietilene, schermatura in nastri di alluminio di sezione variabile tra 300 e 500 mm<sup>2</sup>. Nella seguente tabella sono riportate per ogni tronco di linea la corrente di impiego calcolata con fattore di potenza pari a 0,85 la sezione ed il diametro del cavo.

Tab. 2.2: Specifiche tecniche dei cavi AT interni

Sottocampo	Inizio	Fine	Ib [A]	Marcatura cavo	De [mm]
A	WTG 007	WTG 006	128,45	ARE4H5EE 3x1x400 36 kV	52,6
A	WTG 006	CU	256,90	ARE4H5EE 3x1x500 36 kV	56,3
B	WTG 005	WTG 004	128,45	ARE4H5EE 3x1x300 36 kV	49,5
B	WTG 004	WTG 003	256,90	ARE4H5EE 3x1x400 36 kV	52,6
B	WTG 003	CU	385,36	ARE4H5EE 3x1x500 36 kV	56,3
C	WTG 002	WTG 001	128,45	ARE4H5EE 3x1x300 36 kV	49,5
C	WTG 001	WTG 008	256,90	ARE4H5EE 3x1x300 36 kV	52,6
C	WTG 008	CU	385,36	ARE4H5EE 3x1x400 36 kV	56,3

Con riferimento all'elaborato grafico "T03A: Impianto eolico ed opere connesse – planimetria su CTR" e "T05A: Impianto eolico ed opere connesse – planimetria su ortofoto" ed all'elaborato grafico "T26A: Impianto eolico ed opere connesse – cavidotti – sezioni tipo" i cavi saranno posti a profondità pari a 1,2 m in sezioni di scavo di larghezza variabile da 0,5 ad 1 m a seconda del numero di terne (fig. 2.1)

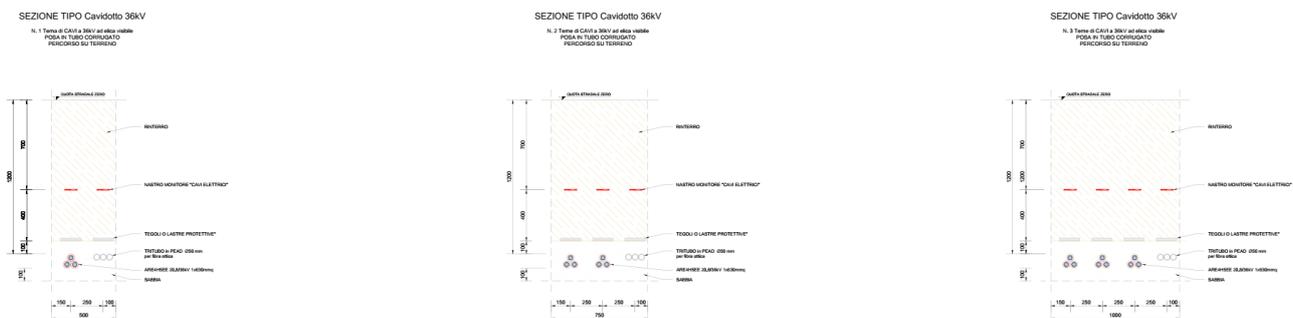


Fig. 2.1: Sezioni tipo cavidotti interni tratta da elaborato grafico T26A

c) Cavidotto esterno di utenza AT

Il cavidotto esterno di utenza convoglia l'energia prodotta dalla cabina di smistamento/utenza allo stallo RTN a 36 kV posto all'interno dell'edificio quadri della sezione a 36 kV della stazione RTN di Lucera. Esso è costituito da 3 terne di cavi disposti a trifoglio con interasse di 25 cm, posati a profondità pari a 1,2 m con modalità descritte nell'elaborato grafico: " T26A – Impianto eolico ed opere connesse – Cavidotti – sezioni tipo ", di cui si riporta un estratto in fig. 2.2.

SEZIONE TIPO Cavidotto 36kV

N. 3 Terme di CAVI a 36kV ad elica visibile  
POSA IN TUBO CORRUGATO  
PERCORSO SU STRADA ASFALTATA PUBBLICA

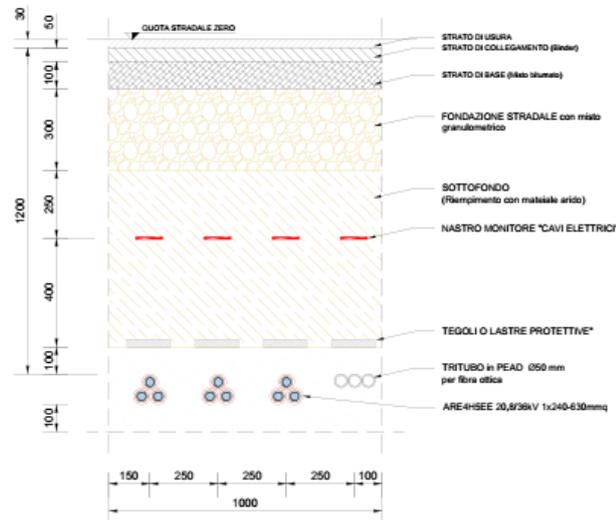


Fig. 2.2: Sezioni tipo cavidotti interni tratta da elaborato grafico T26A

Esso è costituito da tre terne di cavi unipolari ARE4H5EE o similari già descritti per la rete di interna di cavidotti AT. In tab. 2.3 si riportano i dati relativi al cavidotto esterno

Tab. 2.3: Specifiche tecniche cavidotto utenza AT

Sottocampo	Inizio	Fine	Ib [A]	Marcatura cavo	De [mm]	N terne
A-B-C	CU	SE	1027,62	ARE4H5EE 3x1x630 36 kV	56,3	3

d) Cabina di utenza

La cabina di utenza è posta nella particella 171 del foglio 26 del Comune di Foggia in corrispondenza dell'incrocio tra la strada di accesso all'aerogeneratore A8 e la SP 23. Essa raccoglie l'energia elettrica proveniente dal parco e la trasferisce sul cavidotto esterno (impianto di utenza per la connessione). Essa è costituita da opere civili ed elettromeccaniche. Le opere civili sono:

- ✓ strade di accesso esterna alla cabina;
- ✓ recinzione esterna;
- ✓ piazzale della cabina;
- ✓ fondazioni edificio;
- ✓ eventuali fondazioni per edificio di rete;
- ✓ edificio utente;
- ✓ eventuale edificio di rete
- ✓ eventuali fondazioni per reattanze di compensazioni;
- ✓ eventuali fondazioni per condensatori di rifasamento;
- ✓ eventuale vasca raccolta olio reattanze di compensazione;
- ✓ canalizzazioni cavi MT;
- ✓ canalizzazioni cavi sistemi ausiliari;
- ✓ canalizzazioni monitoraggio e controllo apparecchiature;

- ✓ sistema di drenaggio acque piovane.

Le opere elettromeccaniche sono rappresentate dalle apparecchiature destinate alla separazione dell'impianto dalla rete per guasto o per manutenzione. Con riferimento all'elaborato grafico: "T22D - Opere connesse - Cabine di utenza - Piante, prospetti, sezioni " e "T16A – Impianto eolico ed opere connesse - Schema elettrico unifilare complessivo" saranno presenti:

- scomparti risalita cavo;
- 1 scomparto misure di protezione;
- 1 scomparto misure fiscali;
- 1 scomparto interruttore generali/interfaccia;
- 1 scomparto interruttore cavidotto esterno;
- 3 scomparti linee di parco
- 1 scomparto reattanza di compensazione (eventuale)
- 1 scomparto banco condensatori di rifasamento (eventuale)
- 1 scomparto protezione trasformatore servizi ausiliari.

### 3 Campo elettrico

Il calcolo del campo elettrico e magnetico è realizzato in conformità alla norma CEI 211-4.

Il metodo di calcolo del campo elettrico si basa sul principio delle cariche equivalenti semplificato: non si considera l'esatta distribuzione delle cariche sulle superfici dei conduttori e si suppone che esse siano concentrate al centro degli stessi, con una densità di carica costante. Per la determinazione delle cariche presenti sui diversi conduttori ci si avvale del principio delle immagini, in base al quale un piano equipotenziale a potenziale nullo (quale si suppone il terreno) può essere simulato con una configurazione di cariche immagini, cioè di cariche di segno opposto a quelle che generano il campo e disposte specularmente rispetto al piano stesso.

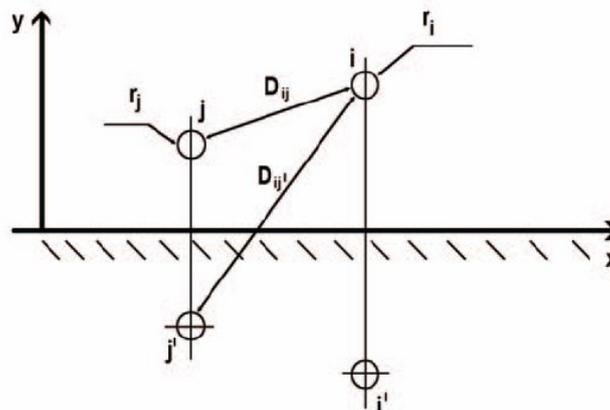


Fig. 3.1: Schema dei conduttori per il calcolo dei coefficienti di potenziale di una linea

In questo modo ci si riduce ad un sistema di conduttori tra loro paralleli di cui sono noti i potenziali  $v(t)$ . E' così possibile calcolare le cariche lineari indotte presenti su di essi attraverso la relazione:

$$[\lambda(t)] = [C] \cdot [v(t)] \quad (1)$$

dove  $[v(t)]$  è il vettore delle tensioni,  $[\lambda(t)]$  è il vettore delle densità di carica lineari  $[C]$  è la matrice quadrata dei coefficienti di capacità per unità di lunghezza.

La matrice [C] è simmetrica e dipende solo dalle dimensioni dei conduttori, comprese eventuali funi di guardia, dalla loro posizione reciproca e rispetto al terreno: essa si ricava invertendo la matrice [P] dei coefficienti di potenziale, i cui elementi, nel caso di conduttori filiformi paralleli tra loro e rispetto al terreno, possono essere espressi dalle seguenti formule analitiche:

$$P_{i,i} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot y_i}{r_i} \right) \quad P_{i,j} = P_{j,i} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot \ln \left( \frac{D'_{i,j}}{D_{i,j}} \right) \quad (2)$$

dove come illustrato in figura 3.1.  $r_i$  è il raggio del conduttore  $i$ -esimo,  $y_i$  la sua altezza dal suolo,  $D_{ij}$  la distanza tra i conduttori  $i$ -esimo e  $j$ -esimo e  $D'_{ij}$  la distanza tra il conduttore  $i$ -esimo e l'immagine del conduttore  $j$ -esimo. In particolare :

$$D_{i,j} = D_{j,i} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad D'_{i,j} = D'_{j,i} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i + y_j)^2}$$

Nel caso di conduttori a fascio  $r_i$  è sostituito deve essere sostituito dal loro raggio equivalente  $\rho_i$  ottenibile mediante la seguente formula

$$\rho = \sqrt[n]{n \cdot r \cdot R^{n-1}} = \sqrt[n]{n \cdot r \cdot \left( \frac{S}{2 \cdot \sin(\pi / n)} \right)^{n-1}} \quad (4)$$

che fa riferimento alla fig. 3.2.

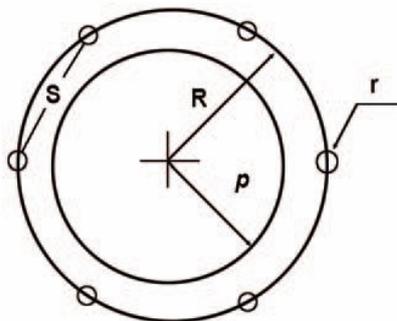


Fig. 3.2: Raggio equivalente di un conduttore a fascio

Con riferimento alla simbologia della figura 3.3, in cui  $(x_i, y_i)$  sono le coordinate del conduttore  $i$ -esimo, e sommando gli effetti dei vari conduttori, raccogliendo tra loro le espressioni relative a ciascun conduttore ed alla sua immagine, si ottengono le espressioni delle singole componenti spaziali del vettore campo elettrico, nel punto P di coordinate  $(x_P, y_P)$ :

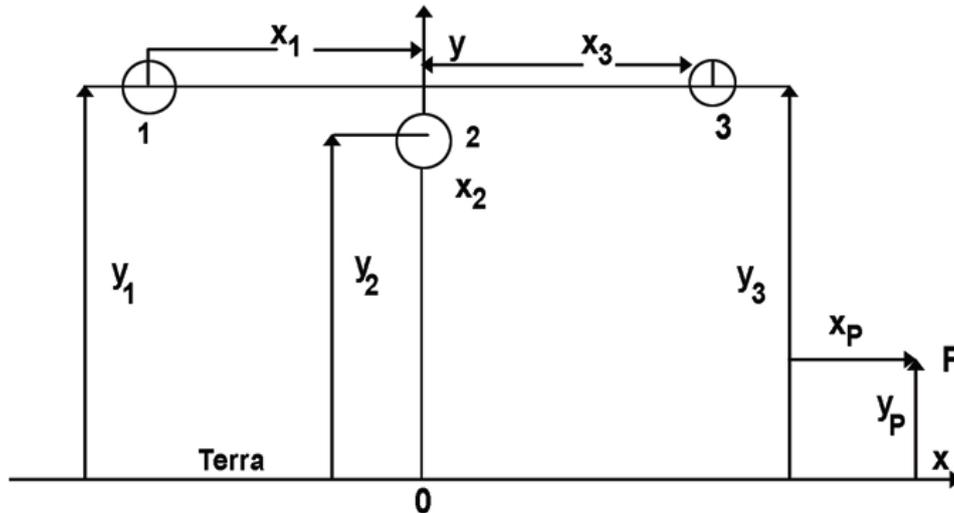


Fig. 3.3: Schema per il calcolo del campo elettrico in un punto P

$$E_x(t) = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon} \cdot \sum_i \lambda_i(t) \cdot \left[ \frac{x_p - x_i}{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2} - \frac{x_p - x_i}{(x_p - x_i)^2 + (y_p + y_i)^2} \right]$$

$$E_y(t) = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon} \cdot \sum_i \lambda_i(t) \cdot \left[ \frac{y_p - y_i}{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2} - \frac{y_p + y_i}{(x_p - x_i)^2 + (y_p + y_i)^2} \right] \quad (5)$$

$$E_z(t) = 0$$

Non è riportata nessuna procedura per le linee in cavo interrato in quanto sia gli schermi dei cavi sia il terreno ed i materiali delle relative trincee e cunicoli riducono a valori trascurabili il campo elettrico esterno; analogamente, il campo elettrico prodotto da sistemi blindati isolati in gas o più in generale all'interno di involucri metallici risulta essere schermato .

## 4 Campo magnetico

Nel caso di configurazioni semplici, con conduttori rettilinei e paralleli di lunghezza relativamente elevata rispetto alle distanze tra i conduttori stessi, il procedimento può essere semplificato, ricorrendo ad una schematizzazione di tipo bidimensionale e quindi all'applicazione della formula di Biot e Savart pertanto con riferimento alla fig. 4.3 le componenti spaziali sono:

$$B_x(t) = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i i_i(t) \left[ \frac{y_i - y_p}{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2} \right]$$

$$B_y(t) = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i i_i(t) \left[ \frac{x_p - x_i}{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2} \right] \quad (6)$$

$$B_z(t) = 0$$

Per la rete di cavidotti interni si considerano ai fini del calcolo i tratti con una due e tre terne con le correnti di impiego più elevate (Tab. 4.1)

Tab. 4.1: Dati cavidotti interni

Numero terne	Conduttore	De [m]	x [m]	y [m]	I [A]
1	1	0,02815	0	-1,2	0,00
	2	0,02815	-0,02815	-1,2282	-256,90
	3	0,02815	0,02815	-1,2282	256,90
2	1	0,0301	-0,125	-1,2	0,00
	2	0,0301	-0,1551	-1,2301	-385,36
	3	0,0301	-0,0949	-1,2301	385,36
	1	0,0301	0,125	-1,2	0,00
	2	0,0301	0,0949	-1,2301	-385,36
	3	0,0301	0,1551	-1,2301	385,36
3	1	0,0301	-0,25	-1,2	0,00
	2	0,0301	-0,2801	-1,2301	-385,36
	3	0,0301	-0,2199	-1,2301	385,36
	1	0,0301	0	-1,2	0,00
	2	0,0301	-0,0301	-1,2301	-385,36
	3	0,0301	0,0301	-1,2301	385,36
	1	0,0301	0,25	-1,2	0,00
	2	0,0301	0,2199	-1,2301	-256,90
	3	0,0301	0,2801	-1,2301	256,90

Dai grafici nelle fig. 4.1 e 4.2 si deduce che ovunque sia per i cavidotti interni che per quello esterno il campo magnetico è inferiore all'obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$ .

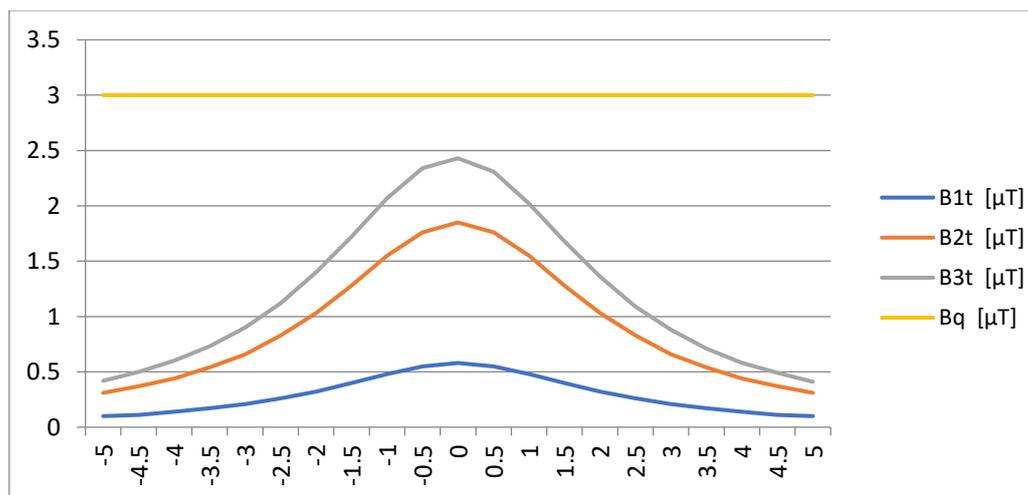


Fig. 4.1: Andamento campi magnetici per i cavidotti interni

Tab. 4.2: Dati cavidotto esterno

Numero terne	Conduttore	De [m]	x [m]	y [m]	I [A]
3	1	0,0301	-0,25	-1,2	0,00
	2	0,0301	-0,2801	-1,2301	-342,54
	3	0,0301	-0,2199	-1,2301	342,54
	1	0,0301	0	-1,2	0,00
	2	0,0301	-0,0301	-1,2301	-342,54
	3	0,0301	0,0301	-1,2301	342,54
	1	0,0301	0,25	-1,2	0,00
	2	0,0301	0,2199	-1,2301	-342,54
	3	0,0301	0,2801	-1,2301	342,54

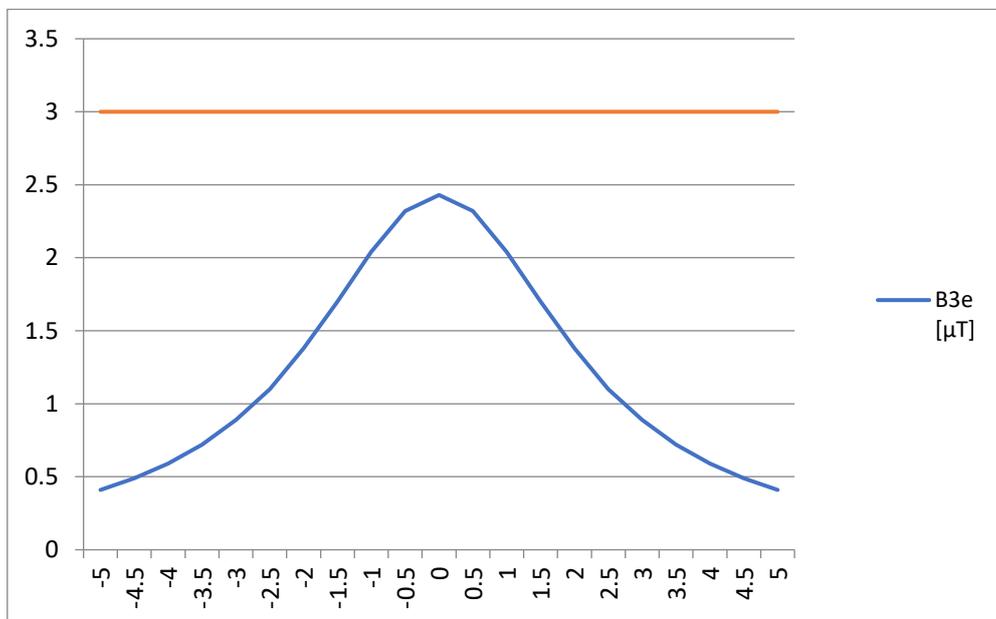


Fig. 4.2: Andamento campi magnetici per il cavidotto esterno

Per la cabina di utenza si considera il campo magnetico prodotto dal reattore di compensazione posto sul piazzale.

Il reattore di compensazione può essere in prima approssimazione assimilato ad un trasformatore pertanto si sfrutta il metodo descritto nella norma CEI 14-35.

Tale metodo si basa sulla legge di Ampère considerando tre conduttori infinitamente lunghi (passanti del reattore) percorsi da tre correnti sinusoidali sfasati di 120°

$$\frac{B_{tot}}{2 \times 10^{-7} \times I} = \left[ \left( \frac{y \times \sin(\omega t - 2\pi/3)}{(x+d)^2 + y^2} + \frac{y \times \sin(\omega t)}{x^2 + y^2} + \frac{y \times \sin(\omega t + 2\pi/3)}{(x-d)^2 + y^2} \right)^2 + \left( \frac{(x+d) \times \sin(\omega t - 2\pi/3)}{(x+d)^2 + y^2} + \frac{x \times \sin(\omega t)}{x^2 + y^2} + \frac{(x-d) \times \sin(\omega t + 2\pi/3)}{(x-d)^2 + y^2} \right)^2 \right]^{1/2}$$

in cui:

- $\omega = 2\pi f$ ,  $f$  è la frequenza pari a 50 Hz
- $x, y$  sono le coordinate sul piano ortogonale ai conduttori in cui viene valutato il campo  $B$  di induzione magnetica;
- $d$  è l'interasse fra i passanti pari a 0,91 m
- $I$  è la corrente nominale del reattore pari a 240,85 A

Si può osservare che a distanza di circa 3,5 m dal passante centrale il valore di induzione magnetica è intorno ai 3  $\mu$ T.

Con riferimento all'elaborato "T22D – Opere connesse – cabina di utenza – planimetria, sezioni e prospetti" si osserva che tale distanza è all'interno della recinzione del piazzale.

Il campo magnetico prodotto all'interno degli scomparti in locale quadri AT e del TSA sono confinati all'interno degli involucri metallici degli stessi.

Per l'aerogeneratore si possono fare le medesime considerazioni già fatte per la cabina di utenza.

Per quanto riguarda il cavo AT a 36 kV si considera la seguente formula valida per conduttori disposti a triangolo equilatero:

$$R = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} = 0,33 \text{ m in cui}$$

- $R$  è la distanza con induzione magnetica pari a 3  $\mu$ T;
- $S$  è la distanza fra conduttori adiacenti pari a 10,38 mm
- $I$  è la corrente di impiego pari a 128,45 A

Tale distanza è interna alla torre.

## 5 Conclusioni

Per i cavidotti interrati gli schermi dei cavi, il terreno, i materiali delle relative trincee e gli eventuali cunicoli riducono a valori trascurabili il campo elettrico esterno.

Per i cavidotti posti all'interno dell'aerogeneratore il campo di induzione magnetica superiore a 3  $\mu$ T è confinato all'interno della torre.

Per i cavidotti AT interni ed esterni l'obiettivo di qualità non viene mai superato, mentre in cabina di utenza si osservano valori elevati solo in prossimità del reattore di compensazione collocato all'interno della recinzione del piazzale.